

(10) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(11) **DE 3141680 A1**

(51) Int. Cl. 3:
H 01 L 21/90

H 01 L 21/308
H 01 L 21/312
B 05 D 7/26
C 23 C 13/02

(21) Aktenzeichen: P 31 41 680.2
(22) Anmelddatag: 21. 10. 81
(43) Offenlegungstag: 16. 6. 82

(20) Unionspriorität: (22) (33) (31)
29.10.80 US 201767

(72) Erfinder:
Epifano, Robert Nicholas, 33410 Lake Park, Fla., US

(71) Anmelder:
RCA Corp., 10020 New York, N.Y., US

(74) Vertreter:
König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing.,
PaL-Anw., 4000 Düsseldorf

(50) »Verfahren zum Herstellen einer Metall/Dielektrikum-Schichtstruktur«

Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer Metall/Dielektrikum-Schichtstruktur auf einem Substrat beschrieben, bei dem eine ein mit einem Loch versehenes Muster aufweisende Photolackschicht auf der Isolierschicht gebildet wird. Um ein verbessertes Haftvermögen zwischen Isolierschicht und Metallschicht zu erreichen, werden Isolierschicht und Photolackschicht einem Sauerstoffplasma bis zum Verbrauch des Photolacks, zum Aufrauhen der Isolierschichtoberfläche und zum Bilden eines durch die Isolierschicht reichenden Durchgangslochs ausgesetzt. Auf die aufgerauhte Oberfläche wird dann eine Metallschicht niedergeschlagen. (31 41 680)

BEST AVAILABLE COPY

DE 3141680 A1

DE 3141680 A1

3141680

Dr.-Ing. Reimar König

Ceciliengasse 76 4 Düsseldorf 30 Telefon 452008 Patentanwälte

Dipl.-Ing. Klaus Bergen

20. Oktober 1981

34 202 B

RCA Corporation, 30 Rockefeller Plaza,

New York, N.Y. 10020 (V.St.A.)

"Verfahren zum Herstellen einer Metall/Dielektrikum-Schichtstruktur"

Patentansprüche:

①

Verfahren zum Herstellen einer Metall/Dielektrikum-Schichtstruktur auf einem eine mit einer aus polyimidartigem Material bestehenden Isolierschicht (12) vorgegebener Schichtdicke bedeckte Hauptfläche (11) aufweisenden Substrat (10), bei dem eine ein mit wenigstens einem Loch versehenes Muster aufweisende Photolackschicht (14) vorgegebener Schichtdicke auf der freien Oberfläche der Isolierschicht (12) gebildet wird, daß durch gekennzeichnet, daß die Isolierschicht (12) und die Photolackschicht (14) für eine zum Entfernen der Photolackschicht (14), zum Rauen der Oberfläche (13) der Isolierschicht und zum Bilden eines Durchgangslochs (20) mit geneigter Wandung (19) in der Isolierschicht (12) ausreichende Zeit einer Sauerstoffplasmabehandlung ausgesetzt werden.

- 2 -

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als polyimidartiges Material ein Polyimid oder ein Polybenzimidazol verwendet wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Metall-Dielektrikum-Schichtstruktur auf einem eine mit einer aus polyimidartigem Material bestehenden Isolierschicht vorgegebener Schichtdicke bedeckte Hauptfläche aufweisenden Substrat, bei dem eine ein mit wenigstens einem Loch versehenes Muster aufweisende Photolackschicht vorgegebener Schichtdicke auf der freien Oberfläche der Isolierschicht gebildet wird. Sie betrifft insbesondere ein Verfahren zum Herstellen einer Metall/Dielektrikum-Schichtstruktur auf einem integrierten Halbleiterschaltkreis.

Ein integrierter Halbleiterschaltkreis enthält auf einer Hauptfläche einer Halbleiterscheibe zahlreiche Schaltelemente. Meist wird auf die Hauptfläche eine dielektrische bzw. isolierende Schicht aufgebracht und darauf eine Metallschicht niedergeschlagen. In der Isolierschicht werden über vorgegebenen Schaltelementen Löcher vorgesehen, durch die sich die Metallschicht erstreckt, so daß in gewünschter Weise Elemente miteinander verbunden werden. Mit zunehmender Komplexität des integrierten Schaltkreises können weitere Isolierschichten und Metallschichten aufgebracht werden.

Die Metall/Dielektrikum-Schichtstrukturen werden üblicherweise hergestellt, indem zunächst eine Isolierschicht aus einem Material wie SiO_2 , Si_3N_4 oder Polyimid gebildet, ein Photolackmuster (Photoresistmuster) auf der Isolierschicht erzeugt, Öffnungen in die Isolierschicht unter Verwendung des Photolacks als Ätzsperrre geätzt werden, der Photolack abgestreift und Metall, z. B. durch Aufdampfen, niedergeschlagen wird.

Polyimidschichten sind sehr wirkungsvolle Isolierschichten, weil dieses Material chemisch inert, thermisch und mecha-

BEST AVAILABLE COPY

nisch robust und auf relativ einfache Weise aufzubringen ist. Bei Verwendung einer Isolierschicht aus Polyimid treten jedoch im allgemeinen Probleme wegen des nicht vorhandenen oder relativ niedrigen Haftvermögens gegenüber der darüberliegenden Metallisierung auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren eingangs genannter Art so zu verbessern, daß bei Verwendung polyimidartigen Materials, d. h. bei Verwendung eines Polyimids oder eines ähnlichen Harzes, ohne wesentlichen Mehraufwand ein einwandfreies Anhaften der Metallisierung auf der Isolierschicht zu gewährleisten ist. Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, daß die Isolierschicht und die Photolackschicht für eine zum Entfernen der Photolackschicht, zum Rauen der Oberfläche der Isolierschicht und zum Bilden wenigstens eines Durchgangslochs geneigter Wandung in der Isolierschicht ausreichende Zeit einer Sauerstoffplasmabehandlung ausgesetzt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also wie bisher eine polyimidartige Schicht vorbestimmter Schichtdicke auf das Substrat und darauf ein mit Öffnungen versehenes Photolackmuster aufgebracht. Die Isolierschicht und der Photolack werden einem Sauerstoffplasma derart ausgesetzt, daß der Photolack entfernt, d. h. durch die Wirkung des Sauerstoffplasmas weggeätzt, die Isolierschichtoberfläche aufgerauht und ein Durchgangsloch durch die Isolierschicht gebildet wird. Auf der aufgerauhten Isolierschichtoberfläche und in dem Durchgangsloch wird anschließend eine Metallschicht gebildet. Vorzugsweise wird als polyimidartiges Material ein Polyimid oder ein Polybenzimidazol verwendet.

Anhand der schematischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels werden weitere Einzelheiten der Erfindung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 3 eine Folge von Verfahrensschritten beim Herstellen einer Metall-Dielektrikum-Schichtstruktur.

Gemäß Fig. 1 wird eine Isolierschicht 12 auf einer Hauptfläche 11 eines Substrats 10 aufgebracht. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel besteht die Schicht 12 aus einem Polyimid, z.B. dem von E.I. du Pont hergestellten Polyimid PI 1100. Das Polyimid kann in herkömmlicher Schleudertechnik auf dem Substrat 10 niedergeschlagen werden. Beispielsweise kann das Polyimid in flüssiger Form auf die Hauptfläche 11 aufgebracht und dann das Substrat 10 - etwa um eine senkrecht zur Hauptfläche 11 stehende Achse - mit etwa 3000 bis 7000 Umdrehungen/Minute rotiert werden. Das Polyimid soll dann durch allmähliches Aufheizen auf etwa 400°C gehärtet werden, um eine filmartige Schicht mit etwa 2 Mikrometern Dicke zu erhalten.

Für Material, Form und Aufbau des Substrats gibt es im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens keine speziellen Bedingungen. Vorzugsweise wird für das Verfahren jedoch ein aus einer Halbleiterscheibe bestehendes Substrat 10 vorgesehen. Das Substrat 10 kann in vorgegebener Weise dotierte Zonen enthalten, die Schaltelemente, wie Transistoren, Thyristoren, Dioden und Verbindungslienien, bilden. Auf der freien Oberfläche bzw. Hauptfläche 13 der Polyimidschicht 12 wird als nächstes eine Photolackschicht 14 in üblicher Weise gebildet und dann zum Erzielen einer Öffnung 16 in ebenfalls herkömmlicher Art mit einem ent-

BEST AVAILABLE COPY

sprechenden Muster versehen. Wenn die Polyimidschicht etwa 2 Mikrometer dick ist, soll die Photolackschicht eine Dicke etwa in der Größenordnung von 0,8 bis 1,0 Mikrometern haben.

Die so erzeugte Polyimid/Photolack-Schichtstruktur wird dann einem durch die Pfeile 18 in Fig. 1 symbolisierten Niederdruck-Sauerstoffplasma ausgesetzt. Der Sauerstoffdruck soll dabei weniger als etwa 65 Mikrobar betragen. Das Plasma kann in einem im Handel erhältlichen Plasmabrenner (auch als Tunnel-, Trommel- oder Glimmentladungsreaktor bezeichnet) durch Hochfrequenzentladung erzeugt werden. Das Sauerstoffplasma ätzt sowohl die Photolackschicht 14 als auch die Polyimidschicht 12, letztere zunächst nur insoweit, als sie durch das Loch 16 in der Photolackschicht 14 freigelegt ist.

Wie in Fig. 2 dargestellt, wird durch das Sauerstoffplasma ein Durchgangsloch 20 in der Polyimidschicht 12 erzeugt. Das Sauerstoffplasma entfernt auch die Photolackschicht 14 und rauht die Hauptfläche 13 der Polyimidschicht auf. Das mit dem erfindungsgemäß Verfahren hergestellte Durchgangsloch 20 besitzt eine gereigte und aufgerauhte Wand 19 und eine gerundete Lochkante 21. Diese Konfiguration stellt im vorliegenden Zusammenhang eine wesentliche Verbesserung gegenüber auf herkömmliche Weise herzustellenden Durchgangslöchern dar, da die auf bekannte Weise zu erhaltenen Löcher im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche 11 des Substrats verlaufende, glatte Wände und eine relativ schäfe Kante aufweisen.

Die Geschwindigkeit, mit der der Photolack 14 und das Polyimid durch das Sauerstoffplasma entfernt werden, kann

leicht empirisch bestimmt werden. Die relative Dicke der beiden Schichten aus Polyimid bzw. Photolack wird so eingestellt, daß gerade vor dem vollständigen Fertigstellen des Durchgangslochs 20 der gesamte Photolack von der Oberfläche 13 abgetragen ist. Während der zwischen dem endgültigen Abtragen der Photolackschicht 14 und der Fertigstellung des Durchgangslochs 20 vergehenden Zeit trifft das Sauerstoffplasma also unmittelbar auf die frei-liegende Polyimid-Oberfläche 13 auf und rauht diese Fläche an.

Gemäß Fig. 3 wird dann auf der aufgerauhten Oberfläche 13 und im Durchgangsloch 20 eine Metallschicht 22 gebildet. Als Metall eignet sich z.B. Aluminium. Die Metallisierung kann auf bekannte Weise z.B. durch Aufdampfen oder Auf-sprühen, vorgenommen werden.

In Fig. 3 wird lediglich eine Grundeinheit einer Metall/Dielektrikum-Schichtstruktur dargestellt. Eine vollständigere Anordnung enthält mehrere Durchgangslöcher 20 und kann eine Folge von Polyimid- und Metallschichten auf der dar-gestellten Struktur von Metallschicht 22, Polyimidschicht 12 und Substrat 10 aufweisen. Durch die Metallschicht 22 wird eine elektrische Verbindung zwischen den über die Durchgangslöcher 20 miteinander zu kontaktierenden Berei-chen des Substrats hergestellt. Die Polyimidschicht 12 stellt dabei eine wirksame Isolation zwischen Metall und Substrat oder zwischen aufeinanderfolgenden Metallschich-ten in Bereichen ohne Durchgangsloch dar.

Der Aufbau nach Fig. 3 kann weiterhin eine zweite, beispiels-weise auf die gleiche Weise wie vorher aufgebrachte Polyimid-schicht zum Einkapseln der Struktur aufweisen. Weiterhin

BEST AVAILABLE COPY

kann zu der dargestellten Struktur eine aus einem Muster bestehende Metallschicht auf der Substratoberfläche 11 unterhalb der Polyimidschicht 12 gehören, so daß eine Vielniveau-Metallisierungsstruktur vorliegt, die dazu verwendet werden kann, beispielsweise die Packungsdichte von Verbindungsleitern zu einem einen integrierten Schaltkreis enthaltenden Substrat zu vergrößern.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat wesentliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik: in einem einzigen Verfahrensschritt werden erfindungsgemäß eine Photolackschicht entfernt, ein Durchgangsloch mit geneigter Wandung, aufgerauhter Oberfläche und gerundeter Kante in einer Polyimidschicht gebildet und die Oberfläche der Polyimidschicht aufgerauht. Die aufgerauhten Polyimid-Oberflächen stellen eine ausgezeichnete Basis zum Abscheiden von Metall dar und verbessern das Haftvermögen zwischen der Isolierschicht und der darüberliegenden Metallisierung wesentlich. Wie bereits erwähnt, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem der Photolack zugleich mit dem Bilden des Durchgangslochs abgetragen wird, ein Durchgangsloch mit geneigter Wandung und gerundeter Kante erzeugt. Durch diese Lochform wird die Metallisierung auf der Stufe am Rande des Loches, d. h. an der Grenze zwischen Oberseite 13 der Isolierschicht und der Wand des Lochs 20 erheblich verstärkt.

Anstelle von Polyimid können zum Herstellen der Isolierschicht 12 auch andere Stoffe benutzt werden. Polyimide sind jedoch für diese Verfahren wegen mehrerer physikalischer Eigenschaften sehr wirkungsvoll. Sie können in

3141680

- 9 -

flüssiger Form aufgebracht und dann thermofixiert werden, so daß eine chemisch und thermisch stabile Verbindung entsteht. Eine thermofixierte Polyimid-schicht besitzt einen Ausdehnungskoeffizienten, der demjenigen vieler zum Metallisieren verwendeter Materialien ähnlich ist. Andere Stoffe mit polyimid-artigen Eigenschaften, z. B. Polybenzimidazol, können anstelle des Polyimids im Rahmen des erfindungsge-mäßen Verfahrens verwendet werden.

9bs

BEST AVAILABLE COPY

10
Leerseite

- 11 -

Nummer: 3141680
Int. Cl.³: H 01 L 21/90
Anmeldetag: 21. Oktober 1981
Offenlegungstag: 16. Juni 1982

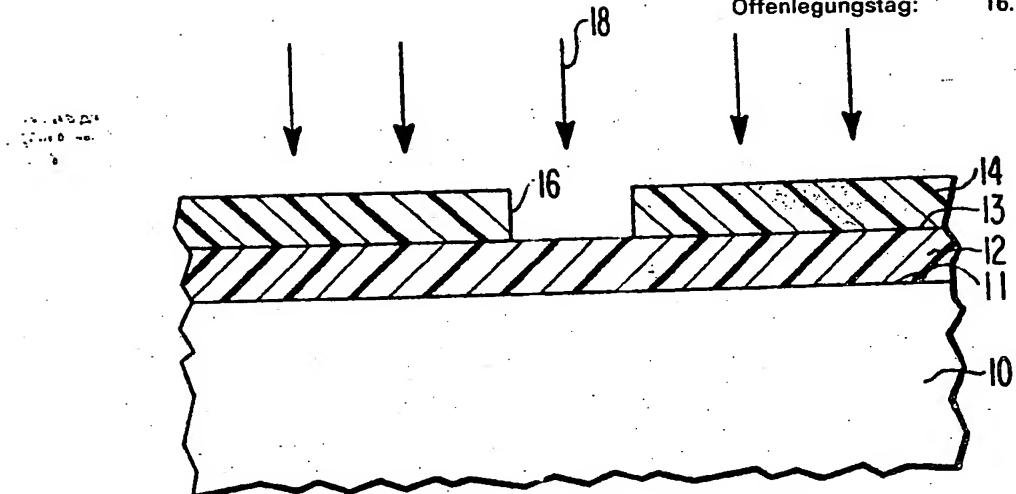


Fig. 1.

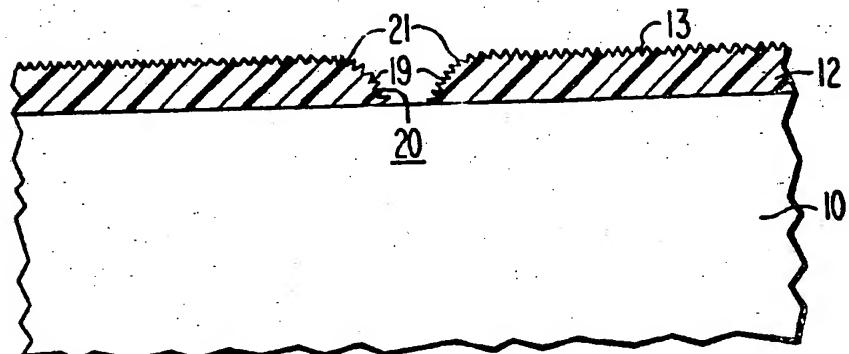


Fig. 2.

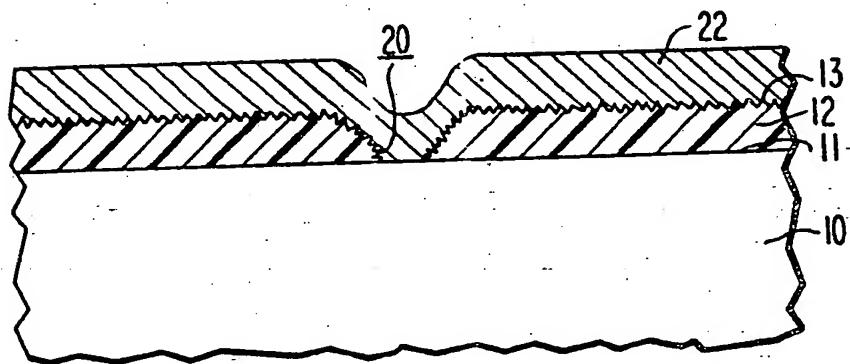


Fig. 3.

BEST AVAILABLE COPY